

Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. вип. 39. технічний. 2019

6. Ветрова И.П. Оценка эффективности инвестиционного проекта // Материалы VI Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://scienceforum.ru/2014/article/2014000046> (дата обращения: 11.03.2019 ).

**А.А. Тугай, Т.В. Власенко**

***Совершенствование проектов на основе повышения эффективности инвестиционной деятельности***

*В статье проводится теоретический анализ основных принципов и категорий, связанных с инвестиционной деятельностью в строительной отрасли.*

**Ключевые слова:** *инвестиции, инвестиционная деятельность, инвестиционная привлекательность, инвестиционно-строительный проект, случайные факторы, строительство, управление проектом, управленческое воздействие, устойчивое развитие, эффективность.*

**O. Tugai, T. Vlasenko**

***Developing projects on the basis of improving the efficiency of investment activities***

*The article theoretical analysis of the main principles and categories connected with investment activity is conducted in the construction industry.*

**Keywords:** *construction, efficiency, investment, investing activities, investment attractiveness, investment-construction project, managerial influence, project management, random factors, sustainable development.*

**УДК 69.059.32**

**О.С. Молодід,**

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-8781-6579

**Р.О. Плохута,**

аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ТЕХНОЛОГІЯ РЕМОНТУ ТРІЩИН В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ ЗАЛЕЖНО ВІД ШИРИНИ ЇХ РОЗКРИТТЯ**

*Найбільш частими пошкодженнями бетонних та залізобетонних конструкцій є тріщини. Згідно ДСТУ Б В.3.1-2:2016 для їх ремонту використовують розчини на основі цементів, портландцементів, термоактивних смол та термопластичних полімерів способом ін'єктування і просочення. В статті приведено результати експериментальних досліджень з встановлення впливу ширини розкриття тріщин залізобетонних конструкцій на технологію їх ін'єктування композиційними рідинами. Встановлено, що для тріщин з шириною розкриття до 0,25 мм та для просочування тіла бетону на глибину до 2-3 мм ефективна композиційна рідина «Консолід 1» та система «лоточок». Для склеювання тріщин від 0,3 мм до 0,7 мм найефективнішою є технологія ін'єктування в них композиційної рідини «Едмок ін'єкційний». Для склеювання тріщин з шириною розкриття від 0,7 мм ефективною є технологія просочення конструкції композиційною рідиною «Консолід 1» за допомогою системи «лоточок» та ін'єктування в тріщини композиційної рідини «Едмок ін'єкційний» через 24 години після просочення.*

**Ключові слова:** *залізобетонні конструкції; тріщини; склеювання; просочення; ін'єктування; композиційна рідина.*

**Вступ.** Переважна більшість будівель і споруд зведених з використанням бетону і залізобетону, внаслідок впливу різного роду чинників, потребують відновлення своїх експлуатаційних властивостей за допомогою ремонтних робіт. Найчастішими пошкодженнями бетонних та залізобетонних конструкцій є тріщини. Згідно ДСТУ Б В.3.1-2:2016 «Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд» [2] для закладання тріщин, підвищення щільності (непроникності) і міцності бетону, а також для вторинного захисту конструкцій застосовують розчини на основі цементів, портландцементів, термоактивних смол (епоксидних, карбамідних тощо) чи термопластичних полімерів, що розширюються і напружуються способом ін'єктування і просочення.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Авторами вже виконано ряд експериментальних досліджень з просочення залізобетонних конструкцій з тріщинами для визначення здатності до їх склеювання композиційною рідиною «Консолід 1» за допомогою спеціально розробленого та запатентованого пристрою «лоточок» [4, 5].

Дослідженнями встановлено, що тріщини з шириною розкриття до 0,2 мм повністю наповнювалися ін'єкційним розчином, а тіло бетону навколо тріщини та в місці контакту бетону з ін'єкційним розчином просочувалося на глибину 2-3 мм. При цьому, такі тріщини склеювалися повністю, і при прикладанні руйнівного зусилля до зразка після просочення на деяких зразках тріщини з'являлися паралельно склесним.

Тріщини з шириною розкриття від 0,25 мм до 0,5 мм склеювалися лише у верхині. На деяких зразках тріщини з шириною розкриття 0,4-0,5 мм візуально виглядали пустими та не склеєними. Проте, при прикладанні повторного руйнівного зусилля зразок розламувався по існуючій тріщині, а в верхині тріщини відбувалося відривання фрагменту тіла бетону, тобто утворювався новий розлом.

Тріщини з шириною розкриття від 0,55 мм до 0,75 мм не склеювалися. Заповнення тріщин з малою шириною розкриття та витікання ін'єкційного розчину з тріщин з великою шириною розкриття обумовлено низькою в'язкістю композиційної рідини «Консолід 1» [6].

Також були проведені експериментальні дослідження з відновлення залізобетонних конструкцій шляхом ін'єктування в тріщини з шириною розкриття від 1 мм композиційних рідин «Консолід 1» та «Едмок ін'єкційний» [3]. Встановлено, що значення руйнівного зусилля після ін'єктування тріщин склало 110 % від значення руйнівного зусилля прикладеного до конструкції до ін'єктування.

**Постановка завдання.** Експериментальним шляхом дослідити вплив ширини розкриття тріщин в залізобетонних конструкціях на технологію їх ін'єктування композиційними рідинами.

**Основна частина.** Було заплановано та виконано чотири серії експериментальних досліджень суть яких полягала у ін'єктуванні штучно створених тріщин з різною шириною розкриття композиційними рідинами:

1. Серія досліджень № 1 – композиційною рідиною «Консолід 1»;
2. Серія досліджень № 2 – композиційною рідиною «Едмок ін'єкційний»;
3. Серія досліджень № 3 – композиційними рідинами «Консолід 1» і «Едмок ін'єкційний» без технологічної перерви;
4. Серія досліджень № 4 – композиційними рідинами «Консолід 1» і «Едмок ін'єкційний» з технологічною перервою в 25 хвилин.

Для експериментальних досліджень було виготовлено бетонні зразки з розмірами 100 x 100 x 50 мм (довжина x ширина x висота) з бетону класу С 20/25.

Зразки витримували 28 діб у нормальних умовах при температурі  $20 \pm 2$  °C та відносній вологості  $60 \pm 10$  % до набору ними розрахункової міцності.

Перед початком експериментального дослідження поверхню зразків, що підлягала просоченню, очищували від пилу та цементного молочка за допомогою металевої щітки. Щілину, що імітує тріщину заданої ширини, утворювали за допомогою металевих щупів з відповідною товщиною, які вкладали між двома бетонними зразками (рис. 1).

Для уникнення витікання рідини з щілини зразки з усіх сторін обмашували акриловою шпаклівкою та витримували їх в нормальних умовах 24 години до повного висихання шпаклівки згідно рекомендацій виробника (рис. 1).



Рис. 1. Обмашування дослідного зразка акриловою шпаклівкою

Для подачі ін'єкційного розчину в щілину було передбачено встановлення ін'єкційної голки. Для виходу повітря з щілини встановлено штуцер з ковпаком в найвищій точці (рис. 2).



Рис. 2. Положення на дослідному зразку штуцера для випуску зайвого повітря та ін'єкційної голки для подачі розчину

Для проведення ін'єктування композиційної рідини в щілину зразок розташовували на горизонтальній площині таким чином, щоб щілина, що імітує тріщину, була вертикальна. Ін'єкційний розчин готували перед початком випробування згідно рекомендацій виробника. Подачу ін'єкційного розчину в щілини конструкції виконували за допомогою стисненого повітря. Після виходу зайвого повітря із щілини та початку витікання рідини з штуцера, його перекривали ковпаком та продовжували поступову подачу ін'єкційного розчину в щілину протягом 5 хвилин (10-15 секунд подача ін'єкційної рідини, 20-30 секунд – перерва).

Після проведення ін'єктування ін'єкційну голку перекривали та витримували зразки в нормальних умовах протягом 4 діб для повної полімеризації композиційної рідини.

Серія досліджень № 2 проводилися аналогічно серії досліджень № 1.

Полімеризація композиційних рідин відбувається за рахунок поєднання епоксидної смоли та розчинника і залежить від температури та вологості конструкції. В попередніх дослідках [3] відновлення експлуатаційних властивостей залізобетонних конструкцій з тріщинами з шириною розкриття від 1 мм з використанням композиційних рідин «Консолід 1» та «Едмок ін'єкційний» проводили наступним чином. Тріщини очищали від крихкого бетону та пилу. Вздовж тріщини просвердлювали отвори діаметром 10 мм в які вклеювали ін'єктори (металеві трубочки з внутрішнім діаметром 6 мм та довжиною 15 мм). Тріщину закривали тонким шаром шпаклівки та після її затвердіння починали процес ін'єкування в тріщину композиційної рідини «Консолід 1». Перед ін'єкуванням в тріщину композиційної рідини «Едмок ін'єкційний» забезпечували технологічну перерву в 24 години для повної полімеризації «Консолід 1». Через 14 діб після ін'єкування виконували випробування балок до повного їх руйнування.

Дана технологія розрахована на тривалий час виконання ремонтних робіт. Тому серію досліджень № 3 і № 4 проводили для дослідження впливу скорочення технологічної перерви між ін'єкуваннями розчинів на ефективність склеювання тріщин композиційними рідинами.

В серії досліджень № 3 виконували ін'єкування композиційної рідини «Консолід 1» в щілини конструкції за допомогою стисненого повітря. Після виходу зайвого повітря із щілини та початку витікання рідини з штуцера, його перекривали ковпаком та продовжували поступову подачу ін'єкційного розчину в щілину протягом 3 хвилин. Далі штуцер для виходу зайвого повітря та рідини відкривали та починали подачу композиційної рідини «Едмок ін'єкційний». Після появи розчину «Едмок ін'єкційний» в штуцері, його перекривали клапаном та продовжували ін'єкування ще протягом 3 хвилин. Після проведення ін'єкування ін'єкційну голку перекривали та витримували зразки в нормальних умовах протягом 4 діб для повної полімеризації рідини.

Серія досліджень № 4 відрізняється від серії досліджень № 3 тим, що між ін'єкуванням композиційних рідин «Консолід 1» та «Едмок ін'єкційний» забезпечували технологічну перерву в 25 хвилин.

Для визначення впливу технології ін'єкування тріщин на якісні показники склеєних конструкцій було виконано прикладання руйнівного зусилля до зразка в місці його склеювання (рис. 3) за допомогою преса ПСУ-5.



Рис. 3. Схема прикладання руйнівного зусилля до дослідного зразка

Результати проведення експериментальних досліджень наведені в таблиці 1. Характер руйнувань адгезійних з'єднань [1, 8] показано на рисунку 4.

Таблиця 1

**Значення руйнівних зусиль в залежності від ширини розкриття тріщин та ін'єкційного розчину**

Ін'єкційний розчин	Ширина розкриття тріщини (щілини), мм	Середнє значення руйнівного зусилля, F <sub>1</sub> , кгс	Вид руйнування адгезійних з'єднань *	Примітки
"Консолід 1"	0,1	2115	когезійне	Просочення тіла бетону в зоні контакту з ін'єкційним розчином на 2-3 мм
	0,2	1510	когезійне, змішане	
	0,3	-	не склеїлися	
	0,4	-	не склеїлися	
	0,5	-	не склеїлися	
"Едмок ін'єкційний"	0,2	-	не склеїлися	Розчин заповнив щілину в середньому на 20 %
	0,3	3985	когезійне, змішане	Заповнення щілини розчином в середньому на 85 %
	0,4	2970	когезійне, змішане	
	0,5	2610	когезійне	Заповнення щілини розчином на 100 %
	0,6	3385	когезійне	
	0,7	3705	когезійне	
"Консолід 1" + "Едмок ін'єкційний" (без технологічної перерви)	0,55	230	адгезійне	Бетон в місці контакту з розчином "Консолід 1" просочився на глибину 2 - 3 мм. Заповнення щілини розчином "Едмок ін'єкційний" на 15 - 30 %. При контакті розчинів "Консолід 1" і "Едмок ін'єкційний" відбулося їх спучення в зоні введення розчину
	0,65	345	адгезійне	
	0,75	275	адгезійне	
"Консолід 1" + "Едмок ін'єкційний" (з технологічною перервою)	0,55	2260	адгезійне, змішане	Бетон в місці контакту з розчином "Консолід 1" просочився на глибину 2 - 3 мм. Заповнення щілини розчином "Едмок ін'єкційний" на 85 - 95 %
	0,65	2235	змішане	
	0,75	2220	змішане	

**Примітки:** вид руйнування адгезійних з'єднань приведено у відповідності до ДСТУ Б В.2.6-178:2011 і EN 1542:1999.



Рис. 4. Вид руйнування адгезійних з'єднань: а) – адгезійне з'єднання; б) – змішане з'єднання; в) когезійне з'єднання

Як видно з таблиці 1 ширина розкриття тріщин впливає на технологію ін'єктування в них композиційних рідин. Для тріщин з шириною розкриття до 0,2 мм найбільш ефективною рідиною для їх склеювання є «Консолід 1». Для склеювання тріщин з шириною розкриття понад 0,2 мм у рідині недостатньо в'язкості. Проте, при використанні «Консолід 1» в серії досліджень № 1, 3, 4 тіло бетону в зоні контакту з рідиною просочилося ним на глибину від 1 мм до 3 мм, тобто за рахунок просочення бетону розчином збільшується його поверхнева міцність.

Технологія ін'єктування в тріщини конструкції композиційної рідини «Едмок ін'єкційний» найбільш ефективна при ширині розкриття тріщин від 0,3 мм до 0,7 мм. При ширині розкриття тріщин до 0,3 мм вона не ефективна, що обумовлено значною густиною рідини та її здатністю проникати в глибину щілини. Для встановлення виду адгезійного руйнування, після прикладання руйнівного зусилля до зразків їх було візуально оглянуто та проведено аналогію з видами адгезійного з'єднання за ДСТУ Б В.2.6-178:2011 [1] та EN 1542:1999 [8]. Встановлено, що при склеюванні бетону в серіях досліджень № 1 і № 2 вид адгезійного з'єднання зразків – когезійний, тобто руйнування відбулося по тілу бетону.

Час технологічної перерви між ін'єктуваннями композиційних рідин «Консолід 1» та «Едмок ін'єкційний» в тріщини конструкцій та ширина розкриття тріщин впливають на значення руйнівного зусилля після склеювання зразків. Встановлено, що при послідовному ін'єктуванні розчинів без технологічної перерви в незалежності від ширини розкриття тріщин, відбувається спучування рідин при контакті їх одна з одною в зоні подачі до тріщини, що перешкоджає подальшому наповненню щілини композиційною рідиною «Едмок ін'єкційний». В кінцевому результаті щілина заповнювалася розчином в середньому на 15-30 % (рис. 5). Руйнування таких зразків було адгезійне.



Рис. 5. Спучення розчинів «Едмок ін'єкційний» і «Консолід 1» при їх контакті в зоні введення

Технологічна перерва між ін'єктуваннями композиційних рідин «Консолід 1» та «Едмок ін'єкційний» в 25 хвилин та збільшення ширини розкриття тріщин впливає на значення руйнівного зусилля після склеювання зразків. Встановлено, що 25 хвилин достатньо для просочення в тіло бетону композиційної рідини «Консолід 1» на глибину від 1 мм до 3 мм, проте даного часу не достатньо для її полімеризації. При збільшенні ширини розкриття тріщини кількість рідини, що не просочилася в тіло бетону також збільшувалася. Тому в зонах контакту «Едмок ін'єкційний» з розчином «Консолід 1» (мається на увазі рідка фаза) відбувалося спучування рідин. Руйнування зразків – на межі з'єднання бетону з розчином та по тілу бетону. Заповнення щілини композиційною рідиною «Едмок ін'єкційний» на 85-95 % її об'єму.

**Висновки.** Згідно аналізу експериментальних досліджень встановлено:

1. Для склеювання тріщин з шириною розкриття до 0,2 мм та просочення тіла бетону на глибину до 3 мм для надання йому додаткової поверхневої міцності найбільш ефективним є композиційна рідина «Консолід 1» та система «лоточок».
2. Для склеювання тріщин з шириною розкриття від 0,3 мм до 0,7 мм найбільш ефективною є технологія ін'єктування в тріщини композиційної рідини «Едмок ін'єкційний».
3. Для склеювання тріщин з шириною розкриття від 0,7 мм рекомендовано використовувати просочення тріщин та тіла бетону конструкцій за допомогою системи «лоточок» композиційною рідиною «Консолід 1» та ін'єктування в тріщини композиційної рідини «Едмок ін'єкційний» з дотриманням технологічної перерви в 24 години (для повної полімеризації «Консолід 1») між їх ін'єктуваннями.

#### **Список літератури:**

1. ДСТУ Б В.2.6-178:2011 «Конструкції будівельні стінові. Метод визначення міцності зчеплення облицзовальних плиток з основою» Чинний з 01.10.2012 – Київ, 2012. – Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 29 с.
2. ДСТУ Б В.3.1-2:2016 «Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд», видання офіційне. Чинний з 01.04.2017– Київ, 2017. – ДП «УкрНДНЦ». – 72 с.
3. Звіт про науково-дослідну роботу «Проведение экспериментально-теоретических исследований влияния на несущую способность железобетонных элементов, усиленных металлическим листом и композитным материалом, приклеенных клеями заказчика». – ДП «НДІБК». – Київ, 2003. – 103 с.
4. Молодід О. С. «Експериментальні дослідження технології склеювання тріщин залізобетонних конструкцій просочуванням» / О. С. Молодід, Р. О. Плохута // Міжнар. наук.- техн. журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві». – Київ, 2018. – том 25 № 2. – с. 45-50.
5. Пат. Україна, 114090 МПК Е04В 1/62 (2006.01) «Спосіб ремонту та захисту горизонтальних залізобетонних конструкцій з великою кількістю тріщин ін'єктуванням за допомогою «лоточка»» / О. С. Молодід, Р. О. Плохута, В. О. Колесніков/. – опубл. 27.02.2017. Бюл. № 4.
6. ТУ У 30553286,001-2000 «Пропитка композиційна «Консолід»». Технічні умови. – 2000. – 9 с.
7. ТУ У 30553286.003-2001 «Клей епоксидний «Едмок»». Технічні умови. – 2001. – 12 с.
8. EN 1542:1999 «Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Test methods. Measurement of bond strength by pull-off» (Матеріали и

системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Методы испытаний. Измерение прочности сцепления при отрыве) – Was approved by CEN on 15 August 1999. – 10 pp.

***A.C. Молодед, Р.А. Плохута***

***Влияние ширины раскрытия трещин в железобетонных конструкциях на технологию их ремонта***

Наиболее частые повреждения бетонных и железобетонных конструкций – трещины. Согласно ДСТУ Б В.3.1-2: 2016 для их ремонта используют растворы на основе цемента, портландцементов, термореактивных смол и термопластичных полимеров способом инъектирования и пропитки. В статье приведены результаты экспериментальных исследований по установлению влияния ширины раскрытия трещин железобетонных конструкций на технологию их инъектирования композиционными жидкостями. Установлено, что для трещин с шириной раскрытия до 0,25 мм и для пропитки тела бетона на глубину до 2-3 мм эффективная композиционная жидкость «Консолид 1» и система «лоточек». Для склеивания трещин от 0,3 мм до 0,7 мм эффективной является технология инъектирования в них композиционной жидкости «Эдмок инъекционный». Для склеивания трещин с шириной раскрытия от 0,7 мм эффективной является технология пропитки конструкции композиционной жидкостью «Консолид 1» с помощью системы «лоточек» и инъектирования в трещины композиционной жидкости «Эдмок инъекционный» через 24 часа после пропитки.

***Ключевые слова: железобетонные конструкции; трещины; склеивание; пропитка; инъектирование; композиционная жидкость.***

***O. Molodid, R. Plokhuta***

***The influence of the width of crack opening in reinforced concrete structures on the technology of their repair***

The most frequent damages of concrete and reinforced concrete structures are cracks. According to DSTU B V.3.1-2: 2016, for their repair, solutions based on cement, Portland cement, thermosetting resins and thermoplastic polymers are used by injection and impregnation. The article presents the results of experimental studies to establish the influence of the width of crack opening of reinforced concrete structures on the technology of their injection with composite fluid. It was established that for cracks with the width of the opening up to 0.25 mm and for impregnating the body of the concrete to a depth of up to 2-3 mm, the effective composite liquid "Consolid 1" and the system "lotochok". For gluing cracks from 0.3 mm to 0.7 mm, the «Edmok Injection» composite liquid is effective. For gluing cracks with a opening width of 0.7 mm, the technology of impregnation of the structure with a composite liquid "Consolid 1" using the "lotochok" system and injection of cracks with the "Edmok injection" composite liquid 24 hours after impregnation is effective.

***Keywords: reinforced concrete structures; cracks; gluing; impregnation; injection; composite liquid.***